

Redação selecionada e publicada pela Olimpíada de Química – OQSP-2020

http://allchemistry.iq.usp.br/oqsp/OQSP-2020-2-Nanoquimica-Pedro_Domingues

Autor: **Pedro Vinicius de Souza Domingues**

Profa: Miriam Possar do Carmo

Colégio Técnico Singular, Santo André, SP

NANOQUÍMICA E NANOMATERIAIS

Atualmente o rumo que o estudo químico das substâncias alcançou, surpreende toda a comunidade científica. Isto se deve à química ter explorado a escala manométrica dos materiais. Para fins de comparação, essa escala (nano) equivale a uma milésima milionésima parte do metro ou 10^{-9} metro, tamanho equivalente à espessura do ácido ribonucleico presente nas moléculas dos seres vivos. Os primeiros cientistas que contribuíram para o campo de pesquisa foram James Clark Maxwell (físico e matemático escocês, 1831-1879) e Richard Adolf Zsigmondy (químico austríaco-alemão, 1865-1929), ou seja, bem antes de ser formalmente definido o tipo de estudo (nanoquímico) que eles realizavam¹. A nanoquímica apresenta aplicações em diferentes áreas, na biomedicina ela é usada para transporte de drogas pelo organismo, atividade antiviral e antimicrobiana entre outros, na tecnologia os nano tubos de carbono são usados em diversos produtos para diminuir o peso e aumentar a resistência, por exemplo, entretanto em todas as aplicações dela, deve-se perceber o quanto ela auxilia na manutenção da qualidade de vida. A esse conhecimento deve-se ressaltar que as propriedades das substâncias (elétricas, magnética, ópticas e etc.) e suas características estruturais (espaciais e planas) estão relacionadas a estudos físicos e químicos de cada elemento e o domínio sobre eles é o que irá determinar a competência para a manipulação das partes da matéria em nível atômico.

Com os investimentos nas pesquisas dessa área terem começado e se intensificado nos últimos anos, é provável que a indústria 4.0, ou melhor, a próxima revolução industrial se baseie na nanotecnologia. Segundo o mestre em engenharia da produção pela Poli-USP Petrônio Garcia Martins (2006) “na medida em que a nanotecnologia será a base da próxima revolução industrial, produto de imensos investimentos que vem sendo feitos pelos setores públicos e privados nos USA, Europa e Japão, certamente irá afetar a sociedade brasileira”. Por causa da data em que ele disse isso, os dados passaram por mudanças e, hoje, as três nações que mais investem em pesquisa e desenvolvimento são: Estados Unidos da América, Japão e a China.

Diversas propriedades físicas das partículas são modificadas, à medida que seu tamanho vai diminuindo até à escala nanométrica, resultando em mudanças na atividade catalítica² (HS Ferreira; Maria do Carmo Rangel-2009). Por exemplo, cilindros sólidos de alumínio são pouco reativos com fogo, entretanto ao diminuir o tamanho à nanopartículas, ele é tão reativo que é utilizado no combustível de aeronaves espaciais juntamente com água congelada. Isso ocorre, pois, ao diminuir o tamanho, também se diminui a quantidade de ligações dos átomos superficiais assim facilitando a reatividade, e ao introduzir o calor necessário a molécula se rompe e a combustão do alumínio começa. As moléculas de água fornecem oxigênio e hidrogênio para alimentar a combustão até que todo o pó seja queimado³ liberando grande quantidade de energia. A forma das partículas também é afetada à medida que ela vai atingindo



Fonte¹: Microscopia eletrônica de varredura de nanotubos poligonizados. Crédito de imagem: Svetlana Dimovski. universidade de

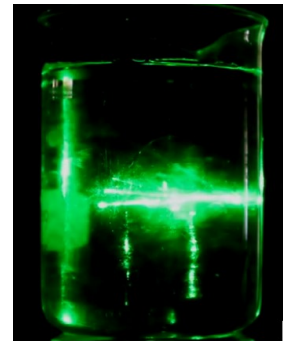
o tamanho nanométrico; por exemplo, um cristal com estrutura cúbica de corpo centrado apresenta a forma de um octaedro truncado, exibindo faces hexagonal (111) e quadrada (100), que são os planos de energia de superfície mais baixas. Entretanto, partículas com 2 a 3 nm possuem energia de superfície mais elevadas e a fração de átomos nas extremidades aumenta. Considerando um modelo simples, mostrou-se que a face (100) desaparece em partículas de pequeno tamanho e a forma de equilíbrio de uma partícula com estrutura cúbica de face centrada se torna um octaedro² (HS Ferreira; Maria do Carmo Rangel-2009).

O primeiro estudo faz referência ao Efeito Tyndall e é analisado em um vídeo⁴ (<https://www.youtube.com/watch?v=T2Cx8rbiUuM>); o experimento escolhido utilizou, para apropriação do conceito, os seguintes materiais: água destilada, sílica gel, amido de milho, apontador a laser e copos de Béquier. O experimento inicia mostrando o que ocorre ao incidir o feixe luminoso no copo de Béquier com apenas a água, o feixe atravessou o copo e incidiu no anteparo com uma distorção imperceptível provocada apenas pelo material do copo e pela água. Em seguida



Fonte: Imagem retirada do vídeo⁴, demonstração dos raios refratados pela sílica gel. Créditos da imagem à Habib Rashide.

o apresentador utiliza as esferas de gel (sílica gel), colocando-as no copo e incidindo o feixe de luz novamente. O que acontece é que as esferas fazem com que os raios sofram refração (figura 1) devido às suas moléculas (SiO_2) que possuem tamanho coloidal⁵ (entre um e cem nanômetros) estarem agrupadas; posteriormente ele dispersa essas moléculas com a adição de água, e quando isso ocorre, o dióxido de silício não reage com a água (H_2O) pelo fato da água possuir polaridade em sua molécula e o coloide ser uma estrutura tetraédrica apolar; formam, portanto, uma mistura heterogênea e mesmo assim a refração passa

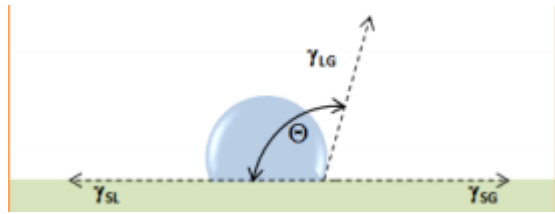


Fonte: Imagem retirada do vídeo⁴, demonstração dos raios atravessando a sílica gel dispersada na água. Créditos da imagem à Habib Rashide.

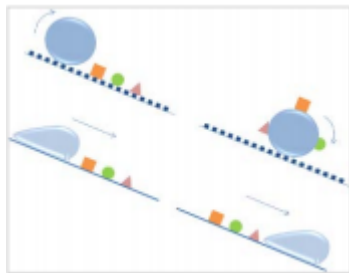
a ser mínima mais uma vez (figura 2), como se houvesse apenas a água. Isso é o efeito Tyndall, a possibilidade de um feixe de luz atravessar um recipiente transparente com uma mistura heterogênea. Uma observação desse efeito presente no cotidiano, porém que passa despercebida é a luz do sol, que tinge o céu de azul e o torna de diferentes tons de vermelho laranja e amarelo ao longo de um dia. O efeito então discutido está relacionado com tudo isso por quê ao chegar do vácuo as ondas de comprimento elevados (como o vermelho, verde, laranja e amarelo) passam livremente na atmosfera (que possui nanopartículas dispersas no ar, e é portanto uma mistura heterogênea) e chegam à superfície, porém as ondas com elevada frequência são desviadas na atmosfera e tingem o céu de azul⁶. A variação na coloração do céu durante o sol poente e o sol nascente se deve a maior distância percorrida pelos seus raios solares permitindo assim uma dispersão das cores de amplitude superior.

O segundo estudo analisado que têm como finalidade ampliar o conhecimento sobre os nanomateriais e sua importância no cotidiano, relaciona a característica hidrofóbica e/ou hidrofílica de alguns compostos. O experimento verifica o efeito de lótus. Ele foi realizado pelo centro interdisciplinar de nanociência da universidade de Aarhus no Denmark em 2010. “Experimento D – Superhydrophobic Materials”⁷ (identificados nas referências).

Uma das maneiras para quantificar o comportamento de umedecimento de uma superfície de determinado tipo de material é medir seu ângulo de contato (ou AC). O ângulo de contato é o ângulo no qual uma interface de um líquido ou vapor encontra a superfície sólida disposta perpendicularmente com a força gravitacional, (conforme ilustrado na figura 3). A forma da gota é controlada por três forças de tensão interfacial, como mostra a figura, e o ângulo de contato



Fonte: Figura 3-Medição estática do ângulo de contato de uma gota de água em uma superfície plana e sólida. Créditos da imagem reservados à: INANO, universidade de Aarhus, "Creative Commons ShareAlike 3.0".



Fonte: Figura 4- Diagrama resumindo a conexão entre rugosidade e autolimpeza: na parte superior da imagem uma gota de água remove a sujeira da superfície graças ao efeito de lótus. Créditos da imagem reservados à: William Theielike, "Wiki commons", "Creative Commons ShareAlike 3.0".

fornece informações sobre a energia de interação entre a superfície e o líquido ou o vapor. Superfícies podem ser classificadas dependendo do seu ângulo de contato; um AC próximo de 0 graus equivale a uma superfície super-hidrofílica (por exemplo uma superfície de dióxido de titânio enraizada por raios ultravioleta. Um AC menor que 30 graus é considerado apenas hidrofílica (vidro é um tipo). AC's compreendidos entre 30 e 90 graus são considerados superfícies intermediárias (e o exemplo para isso é o alumínio metálico). Quando o ângulo de contato esta compreendido entre 90 e 140 graus é estabelecido que a superfície é hidrofóbica (o plástico possui uma superfície hidrofóbica). Por fim,

se o ângulo de contato com a superfície e o líquido ou vapor for maior que 140 graus essa é considerada uma superfície super-hidrofóbica e um exemplo disso é a folha da planta *Nelumbo nucifera*. Superfícies com nanoestruturas tendem a ter ângulos de contato muito altos, que podem atingir o nível super-hidrofóbico. Isso pode ser entendido imaginando-se que uma superfície com nano-rugosidade é formada por uma série de pilares muito pequenos. Quando uma gota repousa sobre

esse "tapete de pilares", ela entra em contato com uma grande fração de ar. Se pensarmos no caso ideal de uma única gota de água no ar, ela terá uma forma totalmente esférica ($\theta = 180$). Para uma gota de água em uma superfície com uma grande fração de ar, quanto maior essa fração, mais nos aproximamos dessa situação "ideal" (Filipponi, L. Centro interdisciplinar de nano ciência "INANO" universidade Aarhus Denmark, 2010). A pesquisa em detalhes das folhas que exibem o "efeito de lótus" evidenciou a presença de nanocristais de cera na superfície da folha. Esses cristais fornecem uma camada repelente à água, com uma estrutura que forma um ângulo de contato de cerca de 150 graus. O resultado é que as gotas de água que fazem interface com essa folha ficam em contato com uma grande fração de ar e isso gera uma força que faz com que a água comece a escorrer e rolar. A consequência é que as gotas de água rolam da superfície da folha e, ao fazê-lo, arrastam as impurezas para longe dela, como a ilustração na figura 4. Este fenômeno, chamado "autolimpeza", torna a folha de lótus limpa e resistente à sujeira. Engenheiros de materiais fizeram grande progresso ao aplicar este conhecimento em produtos com a finalidade de melhorar a qualidade dos mesmos; as áreas principais de aplicação são: em células fotovoltaicas, elas comumente são utilizadas em ambientes abertos e por isso ficam sujeitas a impurezas; essas impurezas dificultam a passagem de raios solares para as áreas catalíticas da célula reduzindo a eficácia e vida útil da mesma. A solução é revestir o painel fotovoltaico com um material super-hidrofóbico que permitiria a passagem de luz por ser transparente e ao mesmo tempo manteria o painel consideravelmente mais limpo devido à rugosidade da nano-superfície. Outra área de aplicação seria os tecidos ecológicos que repelem a sujeira e requerem menor quantidade de lavagem. Poderia ser aplicado em

tintas têxteis (como roupas pessoais) e revestimentos sanitários. Por gerar uma menor necessidade de lavagem, esses tecidos iriam economizar água e sabão em um período de médio-longo prazo, por isso podem ser considerados ecológicos.

O intuito do trabalho é mostrar como a nano ciência é atual e ramo de muitas pesquisas seja para revolucionar os conceitos científicos, ou para melhorar as condições de vida das pessoas. Fora estipulado que as propriedades físico-químicas da matéria se comportam de maneiras diferentes ao se constituir em uma escala nanométrica; foi visto como as moléculas coloidais interferem na passagem dos comprimentos de onda com a análise do efeito Tyndall, e por que o céu assume diferentes tonalidades ao longo do dia; pode ser observado as aplicações práticas em uso do conhecimento do efeito lótus como em roupas e painéis solares; e também fora discutido como a nanotecnologia pode ser a protagonista da próxima revolução industrial.

REFERÊNCIAS:

1. INSTITUTO INCORPORADO DE ENGENHEIROS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS.; Nanotechnology for a wider audience. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: <http://www.trynano.org/about/history-nanotechnology>
 2. FERREIRA, H. S.; RANGE, M. C.; Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. Quím. Nova vol.32 no.7 São Paulo 2009. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000700033
 3. REDAÇÃO DO SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.; Combustível para foguetes poderá ser fabricado na Lua e em Marte. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=combustivel-foguetes-podera-fabricado-lua-marte&id=010130091230#.XcsC3NJKi00>
 4. RASHIDE, H.; Efeito Tyndall. Conteúdo retirado da rede Youtube de acordo com seus termos e permissões. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=T2Cx8rbiUuM>
 - 5- MAGALHÃES, L.; Coloides. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/coloides/>
 6. SUPER INTERESSANTE.; Grupo da editora Abril. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/o-sol-muda-de-cor-por-cao-da-atmosfera/>
 - 7- FILIPPONI. L.; Centro interdisciplinar de nanociência da universidade de Aarhus, Denmark, em 2010. “Experiment D – Superhydrophobic Materials”. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nano-hands-on-activities_en.pdf
- TV CULTURA DIGITAL.; Nanotecnologia, Matéria de Capa. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw&feature=youtu.be
- CAMBRIDGE UNIVERSITY.; The strange world of nanoscience. Acessado em novembro de 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=70ba1DByUmM>